http://eoftalmo.org.br

ATUALIZAÇÃO

Desenvolvimento de novo teste para diagnosticar e graduar distúrbios na visão de cores

Development of a new test to diagnose and determine the degree of color vision disorders

Desarrollo de nuevo test para diagnosticar y graduar alteraciones en la visión de colores

Lorena D'Anunciação Silva - Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH, Belo Horizonte, MG
Lorena Ventura Brandão - Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH, Belo Horizonte, MG
Priscilla Benfica Cirilio - Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH, Belo Horizonte, MG
Geraldo de Barros Ribeiro - Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH, Belo Horizonte, MG

RESUMO

Objetivo: Verificar a capacidade de um novo teste em identificar indivíduos portadores ou não de discromatopsia e graduar seu distúrbio, tendo como base de comparação o teste padrão de *Ishihara*. **Métodos:** Quinze imagens criadas para o diagnóstico de discromatopsia foram utilizadas no desenvolvimento do novo teste. A partir dessas, eficazes no diagnóstico de discromatopsia, foram criadas120 imagens numéricas com graduações crescentes de -10% a +40% da cor verde em cada um dos números. Essas imagens foram distribuídas em 15 páginas, impressas e apresentadas aos indivíduos testados, que deveriam identificar o número visualizado em cada uma das imagens. **Resultados:** Avaliou-se 223 indivíduos, sendo 130 do sexo feminino e 93 do sexo masculino. Cinco indivíduos do sexo masculino foram diagnosticados com discromatopsia, com 62,6% de erros de identificação das 135 imagens apresentadas, enquanto os demais apresentaram, em média, 5,04% de erros. A variação na graduação da cor verde nos números das imagens apresentadas não permitiu mensurar o grau de discromatopsia. **Conclusão:** A porcentagem de indivíduos diagnosticados com discromatopsia foi menor que o esperado. Não foi possível graduar a discromatopsia com o teste criado, porém, com o software desenvolvido, será possível criar novos testes para diagnosticar e graduar a discromatopsia.

Palavras-chave: Acromatopsia; Defeitos da visão cromática; Daltonismo; Testes de percepção de cores.

ABSTRACT

Objective: To verify the capacity of a new test in identifying individuals with and without dyschromatopsia and to measure their disturbance, based on Ishi-hara's standard test. **Methods:** Fifteen computer-generated images for the di-agnosis of dyschromatopsia were used to create a new test. These images proved to be helpful in the diagnosis of dyschromatopsia, and they were used as the basis for an additional 120 images of numbers that were created with increasing gradients of −10% to +40% green hue in each of the numbers. These images were distributed across 15 pages, printed and presented to the participants, wich should identify the number displayed on each of the images. **Results:** A total of 223 individuals were evaluated, 130 of whom were females and 93 of whom were males. Five male subjects were diagnosed with dyschro-matopsia, with errors in the identification of an average of 62.6% of the 135 images presented. The other male subjects had a mean error rate of 5.04%. The variation in green hue intensity in the numbers presented in the images did not allow for the measurement of the degree of dyschromatopsia. **Conclusion:** The percentage of individuals diagnosed with dyschromatopsia was lower than expected. It was not possible to determine the degree of dyschromatopsia us-ing the test created herein. However, with the software developed, we can cre-ate new tests to diagnose and try to determine the degree of dyschromatopsia.

Keywords: Achromatopsia; Color Vision Defects; Deutan Defect; Color Perception Tests.

Fonte de financiamento: declaram não haver.
Parecer CEP: não aplicável.
Conflito de interesses: declaram não haver.
Recebido em: 25/03/2018
Aprovado em: 16/04/2018
Autor correspondente: Geraldo de Barros Ribeiro - Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH, Belo Horizonte, MG. Rua Desembargador Jorge Fontana, 476, Cj 601/605, Belvedere, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP: 30320-670. E-mail: gbarrosribeiro@gmail.com

Como citar: Silva LD'A, Brandão LV, Cirilio PB, Ribeiro GV. Desenvolvimento de novo teste para diagnosticar e graduar distúrbios na visão de cores. eOftalmo. 2018: 4(2): 51-58.
http://dx.doi.org/10.17545/eoftalmo/2018.0009

RESUMEN

Objetivo: Verificar la capacidad de un nuevo test para identificar individuos portadores o no de discromatopsia y graduar su alteración, teniendo como base de comparación el test estándar de Ishihara. **Métodos:** Quince imágenes creadas para el diagnóstico de discromatopsia se utilizaron en el desarrollo de la nueva prueba. A partir de éstas, las cuales son eficaces en el diagnóstico de discromatopsia, se han creado 120 imágenes numéricas con graduaciones crecientes de -10% a +40% del color verde en cada uno de los números. Dichas imágenes fueron distribuidas en 15 páginas, impresas y presentadas a los individuos participantes del test, quienes deberían identificar el número que visualizaban en cada una de las imágenes. **Resultados:** se evaluaron 223 individuos, siendo 130 del sexo femenino y 93 del sexo masculino. Cinco individuos del sexo masculino fueron diagnosticados con discromatopsia, con 62,6% de errores de identificación de las 135 imágenes presentadas, mientras los demás presentaron, en promedio, un 5,04% de errores. La variación en la graduación del color verde en los números de las imágenes presentadas no permitió medir el grado de discromatopsia. **Conclusión:** El porcentaje de individuos diagnosticados con discromatopsia fue menor que el esperado. No fue posible graduar la discromatopsia con el test que se ha creado, sin embargo, con el desarrollo del software, será posible crear nuevos tests para diagnosticar y graduar la discromatopsia.

Palabras Clave: Achromatopsia; Defectos de la Visión Cromática; Daltonismo; Pruebas de Percepción de Colores.

INTRODUÇÃO

O cientista inglês John Dalton, em 1798, baseando-se na sua própria dificuldade para ver a cor vermelha, distúrbio conhecido como protanopia, foi o pioneiro a estudar alterações congênitas da visão a cores[1, 2]. Por isso, a deficiência congênita para visão de cores é popularmente conhecida como daltonismo. Entretanto, alguns autores o descrevem como sinônimo de discromatopsia congênita[3], enquanto outros acreditam que seja sinônimo de protanopia[4]. A discromatopsia (*dis=distúrbio; cromos=cor; opsis=olho*) é um termo utilizado para designar qualquer anomalia na visão a cores. Os portadores de discromatopsias congênitas raramente têm consciência de sua anormalidade, uma vez que seu sistema visual se baseia na distinção ou comparação dos campos coloridos, formados a partir das diferenças de brilho e saturação das cores[5]. Os distúrbios que envolvem as cores verde e vermelho são os mais prevalentes na população[6, 7, 8]. No Brasil a incidência de discromatopsia é de aproximadamente 8% para homens e 0,4% para as mulheres[9].

Diversos testes para avaliar a sensibilidade cromática têm sido desenvolvidos ao longo dos anos: Ishihara, *Hardy-Rand-Rittler, City University, Farnsworth-Munsell 100-Hue e o Farnsworth D15*. Dentre eles, o Cambridge Colour Test já tem sido aplicado em estudos científicos utilizando-se do computador[10, 11, 12]. Apesar da diversidade de testes existentes, nenhum é considerado completo, pois apresentam limitações no que se refere à degradação e modificação dos tons pelo tempo, à variabilidade de tons em função da luz, além da dificuldade de instruir o paciente quanto ao uso[12].

Diante disso, o presente estudo visa validar a eficácia do novo teste criado em sua capacidade de identificar indivíduos portadores ou não de discromatopsia, tendo como base de comparação o teste padrão de Ishihara e graduar seu distúrbio.

MÉTODOS

Com auxílio de um software de edição e geração de imagens desenvolvido pelos pesquisadores previamente para a pesquisa e patenteado no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial) (Processo: BR 51 2016 001062-2 080), criaram-se imagens contendo 900 círculos com números centrais editáveis (Figura 1). Sete cores com graduações diferentes compõe o fundo e 3 cores diferentes formam o número central. As cores são graduadas com misturas precisas das 3 cores básicas (vermelho, verde e azul). Cada cor possui 256 pontos, o que permite uma combinação de 16.777.216 milhões de tonalidades de cores diferentes. Em estudo prévio, após a criação de dezenas de imagens, selecionamos 15 que foram equivalentes ao teste de *Ishihara*, adotado como teste padrão de comparação, para o diagnóstico de discromatopsia.

A partir dessas, com cores precisamente definidas, foram criadas mais 120 imagens numéricas com diferentes graduações crescentes de -10%, -20%, -30%, -40%, +10%, +20%, +30% e +40% da cor verde. Essas imagens foram distribuídas em 15 tabelas, cada uma contendo 9 imagens, identificadas de 'A' a 'I', que foram impressas e apresentadas aos indivíduos participantes, conforme mostra a Figura 2. Os indivíduos deviam identificar o número presente na imagem e marcar com um "X" em um gabarito identificado com as letras de 'A'
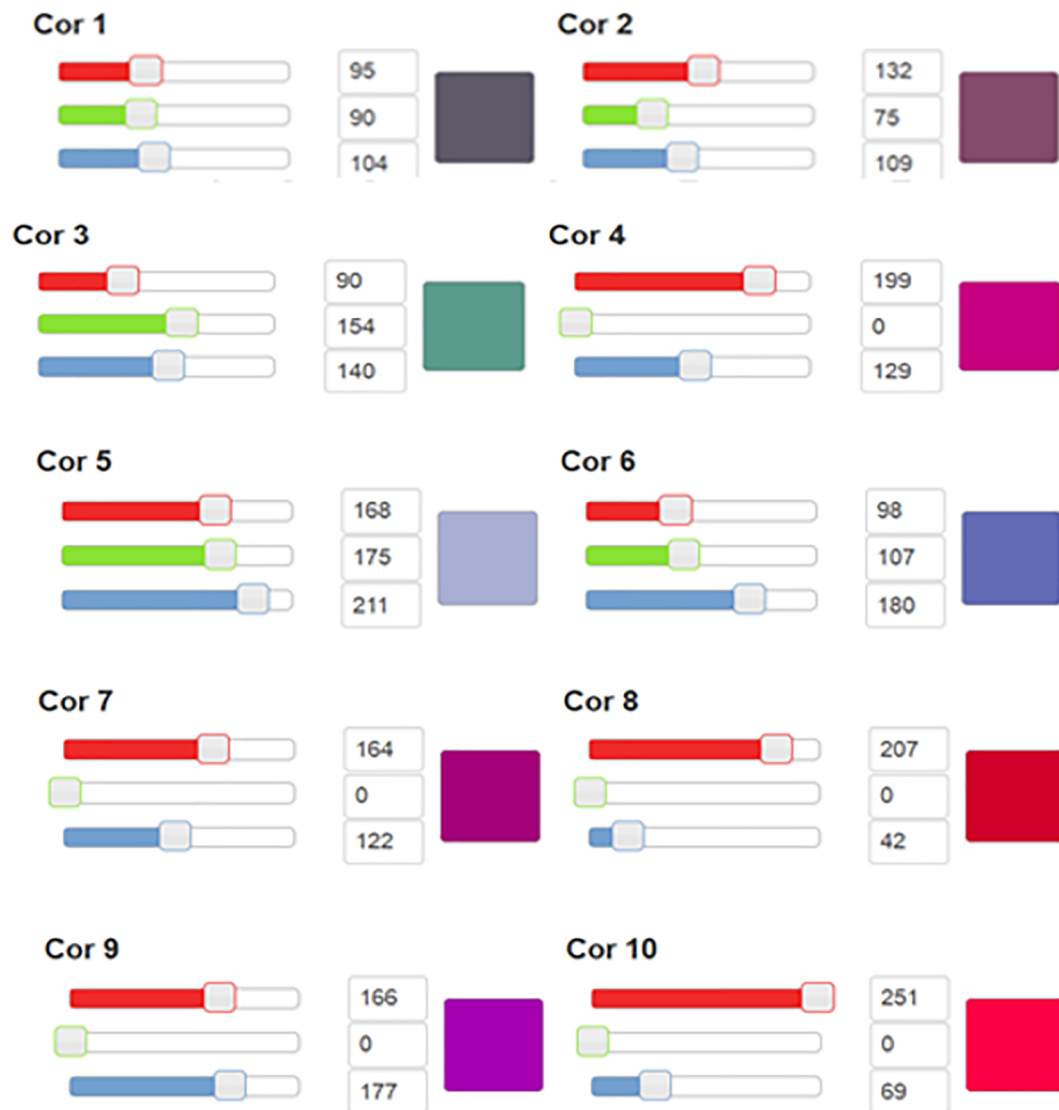
Figura 1. Controle preciso na definição das cores. Cada cor básica (vermelho/verde/azul) possui 256 pontos. As três primeiras cores definem o número central e as outras sete compõe o fundo.

a 'I', em quais imagens conseguia enxergar o número. Caso não visse o número, deveria deixar o gabarito em branco. O teste foi aplicado em duas etapas. Inicialmente o indivíduo anotava os números que enxergava das 15 placas que continham números do teste de Ishihara (Ishihara's Test for Colour Deficiency 24 plates – edition 1997 – Kanehara & Co., LTD. Tokyo – Japan). Posteriormente anotava os números que conseguia enxergar das 15 imagens impressas que compõem o novo teste. O indivíduo participante testado teria que identificar o número contido na imagem.

Posteriormente, os dados coletados foram organizados em uma planilha contendo os acertos e os erros, tendo como padrão de comparação o teste de Ishihara e, em seguida, foram analisados estatisticamente. Para verificar a suposição de normalidade de distribuição das variáveis contínuas foram realizados testes de *Shapiro Wilk*.

Assim, a variável estudada consiste na correta identificação da figura impressa, sendo mensurada pela frequência de acertos no novo teste ao se comparar com a figura do teste diagnóstico padrão para discromatopsia (*Ishihara*).

Essas variáveis foram comparadas para o fator sexo através do teste não paramétrico de comparação de mediana *Mann Whitney*. Para verificar se havia associação de indivíduos que acertaram todas as figuras (percentual=100%) com seu respectivo sexo, aplicou-se o teste *Qui-quadrado de Pearson*. Para mensurar a força de
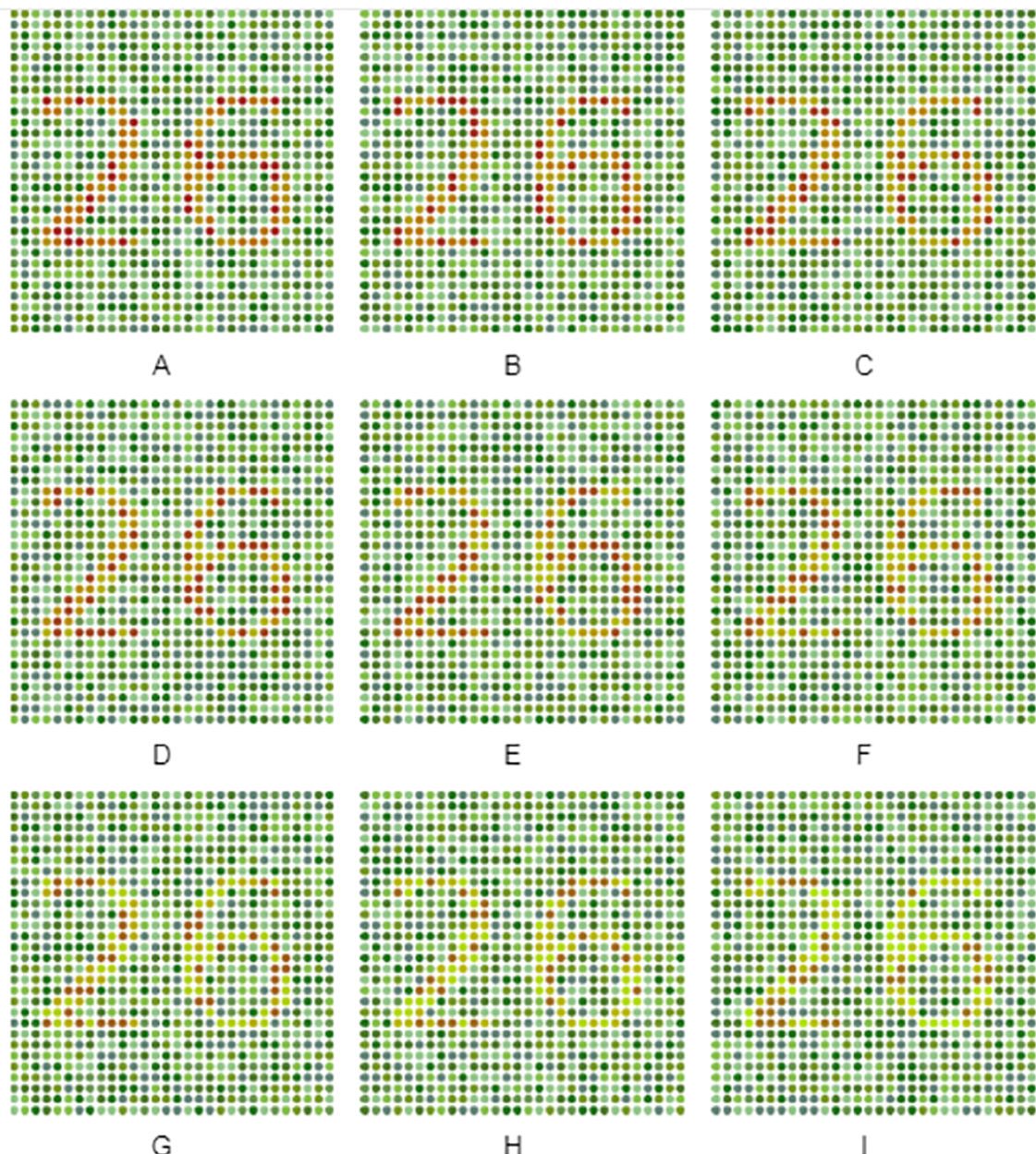
Figura 2. Disposição das 9 imagens com diferentes graduações crescentes (-10 a +40) da cor verde de forma impressa, como foi apresentada aos participantes do teste.

associação, calculou-se *Odds Ratio* (OR) e o seu respectivo intervalo de confiança de 95%. Todas as análises estatísticas foram realizadas ao nível de significância de 0,05 e no *software* estatístico *SPSS 18*.

Para se definir o tamanho amostral necessária para a validação do teste, foi calculada a prevalência de discromatopsia congênita na população através da fórmula 1 abaixo[16]:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^{2} p(1-p)}{(E_{0})^{2}}$$

onde: Zα 1,96 (para estimativas usando intervalos de 95% de confiança)

p = é a proporção esperada de indivíduos no estudo

E0 = é uma medida do erro amostral ou da precisão que foi aceito para o estudo.

Considerando a prevalência esperada de discromatopsia, que é de menos de 10%, uma margem de erro de 5% sobre esta estimativa (E0 = 0,05 ou E0 = 5%) e o cálculo do intervalo de 95% de confiança, o tamanho da amostra encontrada deveria ser de n = 138 indivíduos.

O desenvolvimento do novo teste ocorreu em parceria entre os Departamentos de Medicina e de Ciência da Computação do Centro Universitário de Belo Horizonte (UNIBH). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Éti-

ca em Pesquisa no dia 03/09/2014 com o CAAE número 35526014.0.0000.5093. Todos os indivíduos testados foram esclarecidos sobre o teste e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Com as imagens do novo teste definidas, foi realizado, então, um estudo transversal utilizando o teste de Ishihara e o novo teste desenvolvido com imagens apresentadas aos participantes na forma impressa. Os indivíduos testados foram selecionados de forma aleatória dentre estudantes que cursavam as 3 últimas séries do ensino regular, com idades compreendidas entre 15 e 18 anos.

Todos os testes foram realizados em ambiente fechado com presença de janelas que permitiam a entrada da luz do dia. Nenhum teste foi realizado sob luz artificial ou em horários de pouca iluminação natural. Além da luminosidade controlada, os participantes dos testes eram colocados a uma distância de leitura das imagens apresentadas, ou seja, cerca de 45cm de distância. Não foram realizadas correções na acuidade visual e nos erros refrativos dos participantes, com exceção daqueles que já utilizavam, previamente, lentes corretivas. Não foi definido o tempo de resposta e impediu-se a comunicação entre os participantes durante a aplicação do teste.

As imagens selecionadas para o teste representam imagens voltadas ao diagnóstico de deficiência nos eixos deutan e protan de cores. Para simular estas deficiências e assim obter um parâmetro mais consistente na criação das imagens, os pesquisadores utilizaram óculos com lentes com filtros subtrativos para as cores verde e vermelho, visando assim simular a visão de um portador de discromatopsia dos eixos protan e deutan, as quais são as mais prevalentes na população.[13]

As lâminas ocupavam uma folha de 21cm x 29,5cm, possuíam tamanho de caracteres e nível de saturação da cor padronizados de acordo com o definido pelo software.

Como limitações do estudo, não fez parte desta investigação considerar as variações de tamaho, saturação de cor ou outros dados técnicos em virtude do modelo inicial de lâminas ter sido previamente definido de acordo com o teste de Ishihara e as configurações apontadas pelo *software*. Além disso, todos os caracteres são numéricos, o que pode inviabilizar sua aplicação para iletrados.

A análise comparativa entre as imagens do teste original de Ishihara com o novo teste demonstrou, em estudo prévio para validação do teste, em ambos os casos, alta concordância (96%) entre os resultados dos testes. Apesar da alta concordância entre os resultados, o ponto de corte para definição da existência de deficiência na visão de cores foi de 13 acertos em 15, maior do que no teste original de Ishihara, para se obter uma sensibilidade de 100% e especificidade de 100%.

RESULTADOS

Avaliou-se 223 indivíduos voluntários de duas escolas públicas de Belo Horizonte com idade acima de 15 anos. Dentre o total de participantes, 130 (58,3%) eram do sexo feminino e 93 (41,7%) do sexo masculino. A idade média dos indivíduos foi de 16,81 anos com desvio padrão de 0,86 anos e a idade mediana foi de 17 anos.

Através do Gráfico 1 é possível verificar que a maior parte dos indivíduos apresentou altos valores tanto para a soma (máximo = 135) quanto para a porcentagem de identificação correta da cor verde nas imagens com suas respectivas graduações.

O valor da mediana da soma foi 132, indicando que 50% dos indivíduos tiveram uma soma superior ou igual a 132 pontos. E os 1º e 3º Quartis foram iguais a 127 e 135, respectivamente. Esses valores indicam que 25% e 75% dos indivíduos apresentaram valores da soma iguais ou menores do que 127 e 135 pontos, respectivamente. Já para a variável porcentagem pode-se verificar que os valores da mediana foi 97,78, indicando que 50% dos indivíduos tiveram uma porcentagem superior ou igual a 97,78%. E os 1º e 3º quartis foram iguais a 94,07 e 100, respectivamente. Esses valores indicam que 25% e 75% dos indivíduos apresentaram valores de porcentagem iguais ou menores do que 94,07 e 100%, respectivamente.

Cinco indivíduos apresentaram alto grau de erros (62,5%), não identificando ou errando o número da imagem em relação aos 128 indivíduos restantes, que identificaram corretamente a grande maioria dos números das imagens, cometendo apenas 5,04% de erros. Dessa forma, esses 5 indivíduos que cometeram mais erros foram diagnosticados como tendo algum grau de discromatopsia. Pelo teste *Mann Whitney* de comparação de medianas pode-se concluir que essa diferença entre os dois grupos é estatisticamente significativa ($p<0,001$), conforme mostra a Tabela 1.

Os 5 indivíduos classificados com diagnóstico de discromatopsia, do total das 135 imagens (15 números com 9 graduações diferentes), apresentaram alto grau de erros de identificação dos números nas imagens apresentadas. Entretanto, não foi observada uma variação uniforme relacionado à variação na graduação da
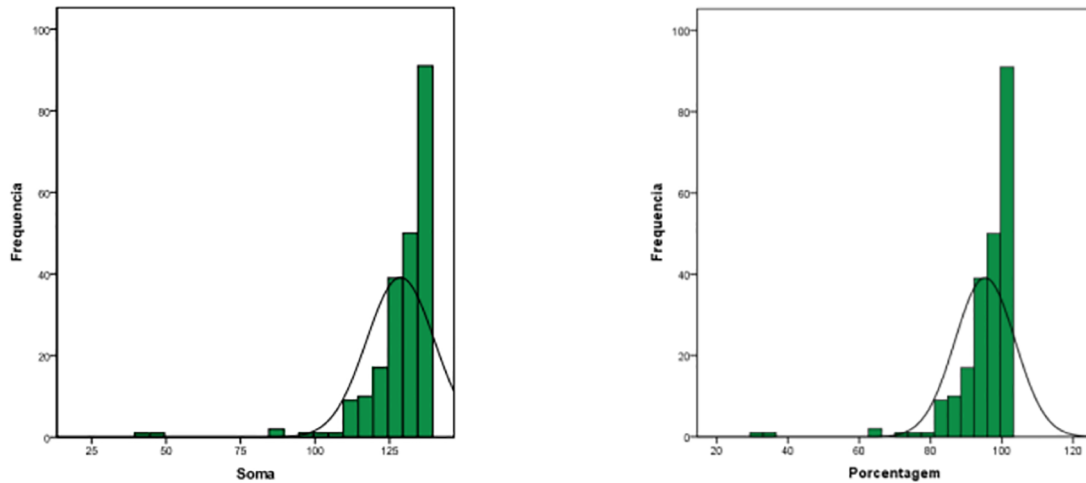
Grafico 1: Histograma da distribuição dos valores obtidos pelos indivíduos para as variáveis soma e porcentagem de acertos.

cor verde contida no número da imagem. Isso significa que números com menor quantidade da cor verde não tiveram a identificação mais difícil do que o número com a maior quantidade da cor verde.

DISCUSSÃO

A necessidade da percepção correta das cores em atividades escolares, artísticas, profissionais, industriais ou mesmo científicas tornou o estudo da caracterização dos distúrbios da visão cromática cada vez mais importante. Logo, testes de visão a cores que identifique distúrbios, bem como seu grau de acometimento se fazem cada vez mais necessários. Os testes atuais têm como objetivo classificar o indivíduo como normal ou anormal para a percepção de cores e os diferentes graus da discromatopsia: leve, moderada e forte[14]. Nosso estudo visa validar a eficácia de um novo teste, mais completo, para não apenas identificar indivíduos portadores de discromatopsia, mas também quantificar e graduar seu distúrbio.

Dentre os testes para avaliação clínica da sensibilidade cromática, o teste de *Ishihara* é o mais conhecido e usado no mundo. Estudos mostram que ele ainda continua sendo o exame mais eficaz (*gold standard*) para uma rápida identificação das deficiências congênitas para visão de cores. Porém, esse teste não consegue fornecer uma avaliação quantitativa da deficiência apresentada, pois não possui pranchas para mensuração da gravidade do distúrbio[14]. Além disso, trata-se de um material impresso, ao longo do tempo as pranchas do teste de *Ishihara* desbotam-se e podem interferir no diagnóstico. A padronização do nosso teste e comprovação de sua sensibilidade levará a produção de um material disponível nas plataformas eletronicas, como aplicativos de *smartphones* e *tablets*, o que solucionaria esta questão. Além disso, não seria necesário a realização de testes de visão cromática complementares ao *Ishihara* quando a caracterização do tipo e intensidade da discromatopsia se torna necessário[15].

A informatização dos testes de visão de cores tem sido vista como uma forma de ultrapassar algumas das dificuldades desses métodos, minimizando erros de iluminação e variação de cores, do próprio examinador no cálculo e apresentação de resultados. Essa ferramenta torna os testes mais reprodutíveis e facilita seu uso clínico, reduz os recursos necessários, além de diminuir o tempo para analisar os resultados[14].

Pensando nisso, após a padronização, nosso teste será disponibilizado através de um aplicativo para plataformas eletrônicas de *tablets* e *smartphones*.

O uso das plataformas eletrônicas para a realização de testes de sensibilidade cromática já é conhecido e existem alguns testes disponíveis, porém apresentam limitações. O *TwoDocs Test* (versão *95 TwoDocs Inc.*) é um teste computadorizado para avaliação da visão de cores e da sensibilidade ao contraste além de suas alterações. Sua sensibilidade e especificidade foi testada em trabalhos, porém suas respostas foram consideradas como superestimadas e devido a este fato pode-se utilizá-lo para a realização de triagem, mas ainda há necessidade de um outro teste para confirmação do diagnóstico[16]. O mesmo foi relatado no teste computadorizado de visão de cores *City University Colour Vision Test* (CUT), apesar da alta qualidade do monitor calibrado e placa de cor utilizados no computador, por enquanto, a informatização não é capaz de reproduzir fielmente as cores do padrão-ouro, superestimando o diagnóstico[17]. Em relação ao teste de cores computadorizado de *Mollon-Reffin*

Tabela 1. Valores de média (± desvio padrão) e mediana (mínimo-máximo) dos 218 pacientes que não tiveram o diagnóstico de discromatopsia e para os 5 pacientes que tiveram o diagnóstico.

Diagnóstico	Média (±desvio padrão)	Mediana (mínimo-máximo)
Com Discromatopsia	62.60 (±26.69)	47 (37–93)
Sem Discromatopsia	5.04 (±6.67)	2 (0–33)

Teste *Mann Whitney,*; $p < 0.001$.

(MR) ou em sua versão comercial *Cambridge Colour Test* (CCT) estudos demonstram que, feitas as adaptações necessárias, o teste é adequado para a avaliação da discriminação de cor em crianças pequenas e pode ser uma ferramenta útil para a identificação das variações da visão de cor durante o desenvolvimento[18, 19]. Diante de tudo isso, reforça-se ainda mais a necessidade de padronizar um teste mais completo, para não apenas identificar indivíduos portadores de discromatopsia, mas também quantificar e graduar seu distúrbio, associado a facilidade das tecnologias e aplicativos disponíveis.

A utilização de ferramentas de diagnóstico em Oftalmologia através de *softwares* e aplicativos já é uma realidade. Com o uso de smartphones, por exemplo, é possível avaliar a acuidade visual utilizando o teste de acuidade visual *Snellen*. Alguns aplicativos possuem testes de visão de cores, astigmatismo, tamanho da pupila, teste de tela de *Amsler*, reflexos oculomotores, entre outros[20]. Apesar disso, o uso de smartphones, especialmente como ferramentas de diagnóstico, não é padronizado e os resultados devem ser cuidadosamente considerados[21].

No presente estudo foi possível identificar cinco indivíduos do sexo masculino, diagnosticados pelo teste elaborado, com discromatopsia, o que corrobora com dados evidenciados na literatura: a discromatopsia do eixo verde-vermelho é causada por alterações no cromossomo X, sendo sua transmissão de caráter recessivo ligado ao X, ou seja: a prevalência de discromatopsia é maior no sexo masculino[15]. Os resultados deste estudo demonstram que nosso teste pode ser usado como ferramenta para diagnosticar a discromatopsia.

Além disso, em termos de porcentagem, esses indivíduos representaram 5,37% da amostra do estudo, o que foi menor do que o esperado, já que dados de prevalência disponíveis, apontam a discromatopsia em 8% dos homens e 0,4% das mulheres analisadas outros trabalhos [7]. Isso, possivelmente, deve-se ao fato de que as graduações extremas da cor verde dos números do teste estavam na mesma página e isso pode ter facilitado a identificação correta dos números. Logo, a variação na graduação da cor verde nos números das imagens apresentadas não permitiu mensurar o grau de discromatopsia desses participantes. É importante destacar que a quantificação da discromatopsia não implica na gravidade do distúrbio.

O estudo demonstrou que o novo teste é capaz de diagnosticar a discromatopsia na população geral. A proposta é, após padronização, a produção de um material disponível nas plataformas eletronicas, como aplicativos de *smartphones* e *tablets*, para que o teste seja utilizado na consulta oftalmológica.

CONCLUSÃO

A avaliação do senso cromático é de fundamental importância na prática oftalmológica. Apesar da capacidade de identificação de indivíduos portadores de discromatopsia na amostra estudada, o teste proposto ainda necessita de mais etapas e ajustes a fim de se obter uma padronização para uma avaliação mais real da capacidade de discriminação cromática de um indivíduo, bem como mensurar seu grau de discromatopsia, já que isso não foi possível nesta etapa, variando somente a cor verde do número.

Acreditamos que o *software* desenvolvido nos permitirá criar novos testes com o objetivo de diagnosticar e mensurar os distúrbios na visão de cores com mais facilidade e precisão.

REFERÊNCIAS

1. Greenaway F. John Dalton and the atom. New York: Cornell University Press; 1966. p. 28-45.
2. Dalton J. Extraordinary facts relating to the vision of colours: with observations. Mem Lit Philos Soc Manchester. 1798;5(1):28-45.
3. Alves AA. Refração. 2a ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 1994. p. 258-69.
4. Urbano LCV. Discromatopsia: métodos de exame. Arq Bras Oftalmol. 1978;41(5):236-52.
5. Pokorny J, Smith V. Color vision and night vision. In: Ryan SJ, ed. Retina. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 1994. p. 127-45.
6. Scanlon JV, Roberts J. Color vision deficiencies in children, United States. Rockville: National Center for Health Statistics; 1972 [acesso 2018 Maio 17]. Disponível em: https://www.cdc.gov/nchs/data/series/sr_11/sr11_118.pdf
7. Birch J. Worldwide prevalence of red-green color deficiency. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 2012;29(3):313-20. DOI: https://doi.org/10.1364/JOSAA.29.000313

8. Xie JZ, Tarczy-Hornoch K, Lin J, Cotter SA, Torres M, Varma R; Multi-Ethnic Pediatric Eye Disease Study Group. Color vision deficiency in preschool children: the multi-ethnic pediatric eye disease study. Ophthalmology. 2014;121(7):1469-74. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.01.018

9. Abreu FJQ, Abreu Filho JMQ, Abreu JMQ. Acromatopsia com ambliopia: a propósito de 3 casos. Rev Bras Oftalmol. 1987; 46(1):1-8.

10. Feitosa-Santana C, Paramei GV, Nishi M, Gualtieri M, Costa MF, Ventura DF. Color vision impairment in type 2 diabetes assessed by the D-15d test and the Cambridge Colour Test. Ophthalmic Physiol Opt. 2010;30(5):717-23. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2010.00776.x

11. Moura AL, Teixeira RA, Oiwa NN, Costa MF, Feitosa-Santana C, Callegaro D, et al. Chro-matic discrimination losses in multiple sclerosis patients with and without optic neuritis using the Cambridge Colour Test. Vis Neurosci. 2008;25(3):463-8. DOI: 10.1017/S0952523808080437

12. Costa MF, Oliveira AG, Feitosa-Santana C, Zatz M, Ventura DF. Red-green color vision impairment in Duchenne muscular dystrophy. Am J Human Genet. 2007;80(6):1064-75. DOI: http://dx.doi.org/10.1086/518127

13. Kjaer PK, Salomão SR, Belfort R Jr, Colella ALD. Validação clínica de teste psicofísico computadorizado para avaliação de visão de cores e sensibi-lidade ao contraste. Arq Bras Oftalmol. 2000;63(3):185-9. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27492000000300004

14. Cole BL. Assessment of inherited colour vision defects in clinical practice. Clin Exp Optom. 2007;90(3):157-75. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2007.00135.x

15. Fernandes LC, Urbano LCV. Eficiência dos testes cromáticos de comparação na discromatopsia hereditária: relato de casos. Arq Bras Oftalmol. 2008;71(4):585-8. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27492008000400023

16. Gegenfurtner KR, Wichmann FA, Sharpe LT. The contribution of color to visual memory in X-chromosome-linked dichromats. Vision Res. 1998;38(7):1041-5. DOI : https://doi.org/10.1016/S0042-6989(97)00200-9

17. Ing EB, Parker JA, Emerton LA. Computadorized colour vision testing. Can J Ophthalmol. 1994;29(3):125-8.

18. Goulart PR, Bandeira ML, Tsubota D, Oiwa NN, Costa MF, Ventura DF. A computer-controlled color vision test for children based on the Cambridge Colour Test. Vis Neurosci. 2008;25(3):445-50. DOI: 10.1017/S0952523808080589

19. Lima MG, Gomes BD, Ventura DF, Silveira LCL. Métodos utilizados na avaliação psicofísica da visão de cores humana. Psicol USP. 2011;22(1):197-222. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65642011005000002

20. Lord RK, Shah VA, San Filippo AN, Krishna R. Novel uses of smart phones in ophthalmolo-gy. Ophthalmology. 2010;117(6):1274-1274.e3. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.01.001

21. Zvornicanin E, Zvornicanin J, Hadziefendic B. The Use of Smart Phones in Ophthalmology. Acta Inform Med. 2014;22(3):206-9. DOI: http://doi.org/10.5455/aim.2014.22.206-209

Geraldo de Barros Ribeiro

https://orcid.org/0000-0001-6809-9113
http://lattes.cnpq.br/4463561075424533

Lorena D’Anunciação Silva

http://lattes.cnpq.br/0254065371018985

Lorena Ventura Brandão

http://lattes.cnpq.br/2267734096288895
https://orcid.org/0000-0003-2493-9250

Priscilla Benfica Cirilio

http://lattes.cnpq.br/8320436797971419
https://orcid.org/0000-0003-1064-4582